



## PELIGROSIDAD DE TSUNAMIS EN LA ZONA DE CONCEPCION

Quezada, J.<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

Los grandes terremotos costeros que han afectado la zona de Concepción, han generado tsunamis en la Bahía de Concepción, destruyendo completamente la ciudad en tres oportunidades 1570, 1657 y 1751 (4), por lo cual, debió cambiarse su sitio de fundación desde Penco al SE de la bahía de Concepción, hacia la ubicación que tiene en la actualidad lejos del mar en la ribera norte del río Biobío. Fue una decisión acertada porque después se produjo un nuevo terremoto en 1835. El tsunami no afectó Concepción, pero sí el nuevo puerto de Talcahuano que sustituyó al antiguo puerto de Concepción después de 1751 (3,6). El último gran tsunami que afectó al país, se generó en 1960, en el litoral a la cuadra de Valdivia. En el litoral de Concepción, en general, sólo se observó un avance tranquilo del mar sobre la línea de altas mareas sin provocar mayores daños. Con estos efectos tan diferentes de tsunamis que han afectado la zona, se pretende establecer una hipótesis sobre algunos factores que influyen en la zona en la amplificación y atenuación de los tsunamis a fin de esbozar el comportamiento que tendría en el litoral, un tren de ondas de tsunami y determinar situaciones más desfavorables. (Más descripción de tsunamis en Concepción en la página web de la U. de Concepción: [www.udec.cl/gema](http://www.udec.cl/gema)).

### TSUNAMIS GENERADOS POR TERREMOTOS LOCALES

**08 de febrero de 1570:** A las nueve de la mañana de ese día, un fuerte temblor, afectó la antigua ciudad de Concepción, derribando la mayor parte de las construcciones. Luego ocurrió un tsunami que cubrió toda la ciudad inundándola varias veces. La ciudad de Concepción se localizaba entonces en el extremo SE de la Bahía de Concepción, donde actualmente se encuentra la ciudad de Penco (4,9).

**15 de marzo de 1657:** A las 19:30 hrs., un violento terremoto afectó la zona comprendida entre los ríos Maule a Cautín. El movimiento derribó todas las edificaciones de Concepción. Dos horas más tarde, el mar comenzó a retirarse más allá de la línea de playa y luego una enorme ola cubrió la ciudad arrastrando las ruinas y luego le sucedieron dos olas más. Luego de la catástrofe, apareció varado un barco cerca de la actual plaza de armas de Penco y numerosos objetos de los habitantes de la ciudad, aparecieron en la Isla Santa María. (4,9).

**25 de mayo de 1751:** A las 01:00 hrs, un violento y prolongado terremoto volvió a derribar todas las edificaciones de la ciudad de Concepción. Media hora más tarde, el mar se retira a más de un kilómetro de la playa y siete minutos más tarde una ola grande con mucha violencia, cubrió toda la ciudad. Durante la retirada, arrastró los escombros y objetos de las personas quedando varado un buque en medio de la ciudad. Luego volvieron dos olas más, la última de mayor tamaño, que cubrieron toda la ciudad. El tsunami afectó también las islas Juan Fernández. A raíz de los reiterativos tsunamis, se decide cambiar la ciudad de Concepción hacia un lugar más seguro donde se encuentra en la actualidad, en el valle de la Mocha en la ribera norte del río Biobío. El puerto también cambia su ubicación al SW de la bahía de Concepción y recibe el nombre de Talcahuano (1,4,9).

**20 de febrero de 1835:** A las 11:30 hrs, un nuevo terremoto similar al anterior, afecta toda la zona de Concepción. Este sismo fue muy bien documentado por el naturalista inglés Charles Darwin (3) y el capitán de su expedición Fitz Roy, quien se encontraba en la zona al momento del sismo. El tsunami empezó con una gran retirada del mar, media hora después del terremoto, la bahía de Concepción se vació completamente y los buques quedaron varados. Luego, una ola de 10 m de altura se desplazó por el sector occidental de la Bahía de Concepción, volcando los barcos e inundando Talcahuano. El fenómeno se repitió dos veces más. Las olas parecieron venir del océano y se dividieron al chocar con la Isla Quiriquina. En esta

<sup>1</sup> Universidad de Concepción, Depto Ciencias de la Tierra. Casilla 3-C. Concepción, Chile.

isla, quedaron destruidas las casas situadas hasta 14 m sobre el nivel del mar. Al este de la isla Quiriquina, la ola no fue tan grande alcanzando una altura de 5 m en Tomé. La misma altura tuvieron las olas en la Bahía de Coliumo. El tsunami se propagó nuevamente a las islas Juan Fernández (3,4,6).

### TSUNAMIS GENERADOS POR TERREMOTOS LEJANOS

**06 de julio de 1730:** Un gran terremoto afecta la zona central del país a las 04:45 hrs. Se generó un tsunami que afectó desde Callao en Perú hasta Valdivia. Al llegar a la Bahía de Concepción desde el norte, el fenómeno se manifestó de manera similar a los anteriores: el mar se retiró aproximadamente un kilómetro de la playa y cuatro olas gigantes sucesivas destruyeron los dos tercios de Concepción, arrastrando los objetos al mar. La ciudad de Concepción fue una de las más afectadas por el tsunami. En Valparaíso, el tsunami inundó las partes bajas y arrasó las bodegas más inmediatas a la playa (4).

**05 de noviembre de 1952:** Un terremoto al este de la Península de Kamchatcka (Noreste de Siberia, Rusia) en latitud  $52^{\circ} 03' N$  y  $161^{\circ} E$ , generó un tsunami que fue registrado por todas las estaciones de marea alrededor de la cuenca del Pacífico. El tsunami alcanzó las costas de Chile en la mañana del 5 de Noviembre y registrado por las estaciones mareográficas de la Armada de Chile registrándose 2,3 m en Arica, 1,4m en Antofagasta, 2,8m en Caldera, 1,8 m en Valparaíso y 3,6m en Talcahuano (1). Los mayores efectos se hicieron notar en la Bahía de Concepción. El fenómeno comenzó a manifestarse a las 10:20 hrs y cubrió el molo y produjo daños en embarcaciones menores y en Talcahuano causó alarma. También se notaron sus efectos en Dichato, Penco y San Vicente.

**22 de mayo de 1960:** Un gran terremoto se produjo en las costas de Valdivia a las 15:11 hrs que generó un tsunami que devastó los puertos de Corral, Queule y Puerto Saavedra. El tsunami se propagó al norte provocando grandes daños en Hawaii y Japón, derribando además varios moais en la Isla de Pascua (1,8). En el litoral de la región del Biobío, se produjeron, en tres ocasiones, avances y retrocesos del mar que duraron quince minutos, el primero entre las 15:30 hrs, el segundo y más fuerte a las 17.30 hrs y el tercero a las 20 hrs, para disminuir paulatinamente (8). En Lebu, la segunda ola alcanzó una altura de 6 m, penetró por el río e inundó gran parte de la ciudad, en Llico, localizado al sur de la Punta Lavapie en el Golfo de Arauco, tuvo una altura de 6 m. y en Arauco, 2,5 m. En Coronel el mar se retiró más que la línea de baja marea y las aguas volvieron con una inundación tranquila, lo mismo sucedió en Talcahuano (1, 10).

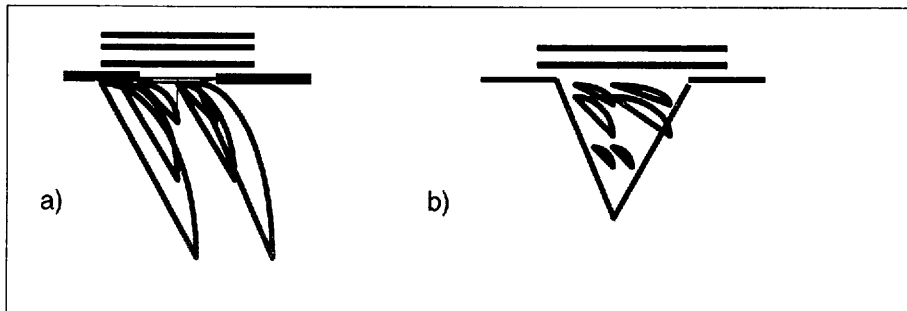


Fig. 1. Vista en planta de las ondas de tsunami y bahías. a) Dispersión de las ondas al interior de una bahía al pasar por una barrera (península). b) Concentración de la energía en el fondo de una bahía con forma en planta en V o U.

### DISCUSION

El tsunami es un fenómeno que se produce en el mar luego de un fuerte sismo que genera ondas de gran longitud de onda y pequeña amplitud y que al llegar a una bahía cerrada, disminuye su longitud de onda y aumenta su amplitud. Este fenómeno se ha observado reiterativamente en las costas de Japón, donde existen varias bahías cerradas ej. Tokio, Kobe, Sagami (2). Por tal motivo bautizaron tsunami al fenómeno: tsunami = ola en la bahía (2,5). El fenómeno puede generarse por movimiento del fondo marino que genera una traslación de grandes masas de agua. Los movimientos de fondo marino pueden originarse por desplazamiento de bloques de fallas, avalanchas submarinas, subsidencia y la vibración misma generada por el sismo (5). Al llegar el frente de ondas a bahías cerradas poco profundas, se genera una amplificación de las ondas, las que dependiendo de la topografía y batimetría litoral, pueden reflejarse, refractarse o amplificarse, concentrándose en el fondo. De tal modo que si se considera que viene un frente de ondas que

penetra directamente a una bahía cerrada, que vista en planta, tiene forma en V o U, concentra su energía en el fondo (Fig. 1b), mientras que bahías que son abiertas al interior con forma en C en planta, ayudan a dispersar las ondas. Si el frente de ondas viene del extremo opuesto a la boca de la bahía, es refractado por la península que bordea la bahía y se dispersa al interior.

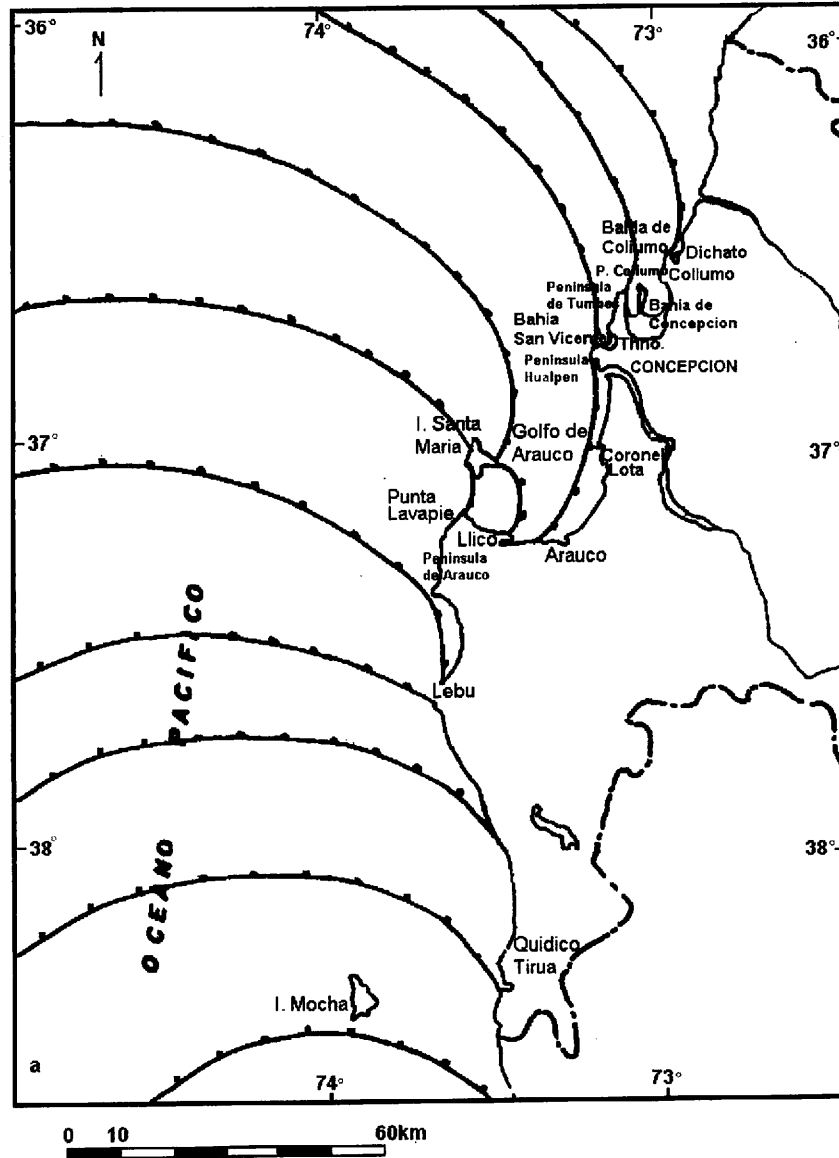


Fig. 2. Frente de ondas de los Tsunamis de Valdivia de 1575, 1737, 1837 y 1960

El relieve costero de la región del Biobío, presenta una complejidad formada por penínsulas e islas litorales que conforman bahías y golfos. Así, se tienen las bahías de Coliumo, San Vicente, Concepción y golfo de Arauco (Fig. 2). La bahía de San Vicente es abierta al NW y las demás al norte. La bahía de Concepción y Golfo de Arauco, poseen islas al NW (Quiriquina y Santa María respectivamente) que contribuyen a hacerlas más cerradas. Además, la profundidad de estas bahías es muy baja, no superando los 100 m (7), contribuyendo a elevar la altura de la ola. Estos relieves son muy similares a los que existen en Japón, donde se manifiestan los tsunamis (2,5).

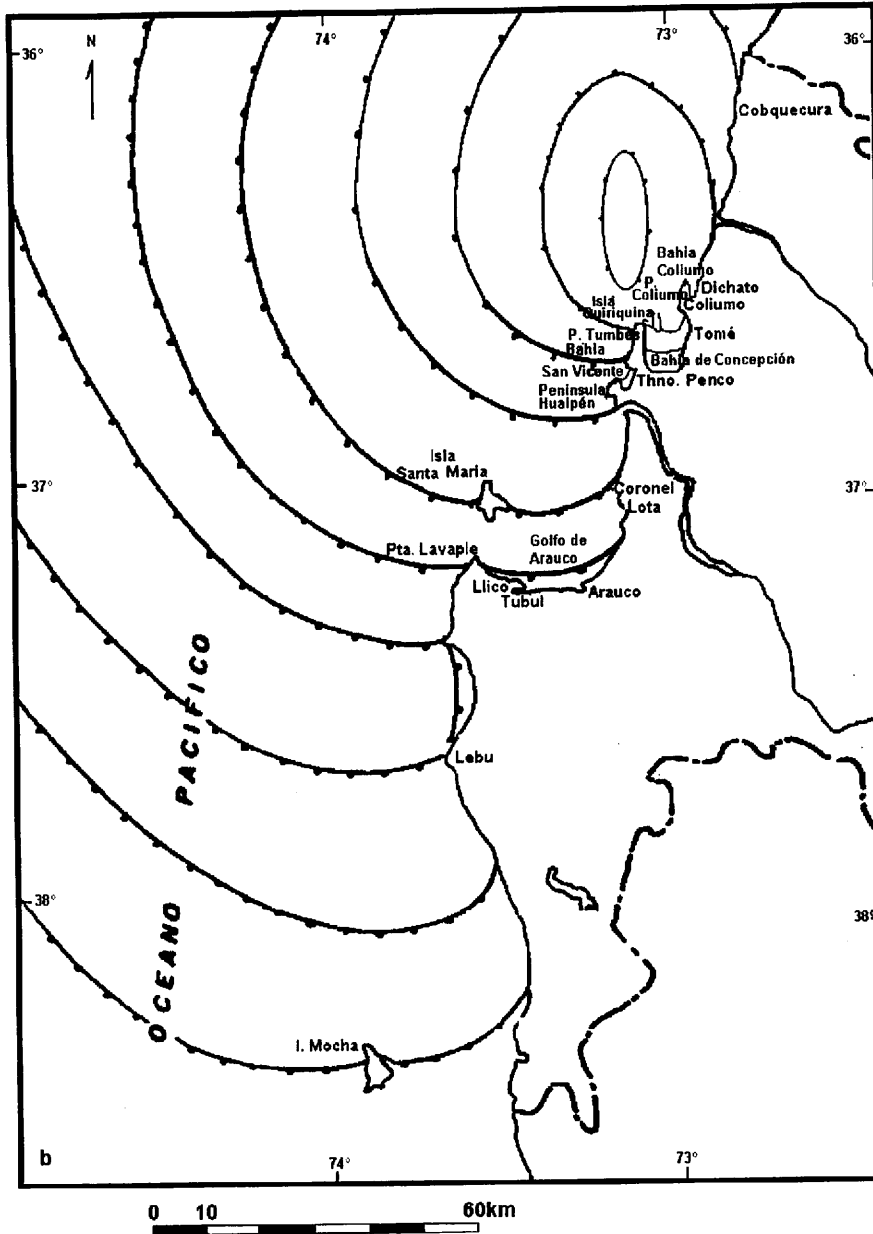


Fig. 3. Frente de ondas de los tsunamis de Concepción de 1570, 1657, 1751 y 1835

En el caso de los tsunamis que han afectado a la región, se tiene que los más destructores 1570, 1657, 1730, 1751 y 1835, el frente de ondas vino del N y NW y sus efectos fueron mayores en la bahía de Concepción (Fig. 3), que tiene en planta una típica forma en U que concentra toda la energía en el sur, donde se localizan Talcahuano y Penco (antigua Concepción). En el extremo NE, donde se localiza Tomé, el efecto es menor, observándose una disminución en la altura de la ola (6). En el caso del tsunami de 1960, el mayor daño se produjo desde la Isla Santa María al sur, por estar directamente expuestos al frente de ondas. En las bahías del interior en general, el efecto fue menor, debido a que las penínsulas de Arauco, Hualpén y Tumbes, junto a las islas Quiriquina y Santa María, constituyeron barreras que refractaron las ondas y las dispersaron hacia el interior de las bahías (Fig. 2). Además, el efecto en la Bahía de San Vicente fue menor debido a su típica forma en C que dispersa el tsunami. No obstante, el caso de Llico en el Golfo de Arauco y Coliumo en la bahía de Coliumo, merecen especial atención. En Llico, la altura de la ola fue mayor debido a la refracción del tsunami entre la Punta Lavapie e Isla Santa María, desviando la onda al sur. Como Llico se localiza en el sector suroeste del Golfo de Arauco (Figs, 3), el tsunami recién empezaba su dispersión en

este lugar por lo que allí alcanzó su máxima altura. El mismo proceso puede explicar la mayor altura de la ola en el Tsunami de 1835 en el sector occidental de la bahía de Concepción donde se encuentra Talcahuano que en el este donde se encuentra Tomé, ya que la onda se refractó entre la Península de Tumbes e Isla Quiriquina y se concentra al SE donde se encuentra Penco. En el caso de Coliumo, el tsunami ya refractado en la Península de Tumbes e Isla Quiriquina, las ondas de tsunami se dirigieron al este y sufrieron una refracción más en la Península de Coliumo, llevándolas al sur (Fig 2). Como la bahía de Coliumo tiene una típica forma en V, las ondas de tsunami se amplificaron y descargaron su energía en el ápice de la V, donde se encuentra Coliumo. Además, no existe aquí una isla como en el golfo de Arauco y bahía de Concepción que contribuya a la dispersión de las ondas del tsunami. El foco de los sismos de 1570, 1657, 1751 y 1835 por la propagación del tsunami e intensidades del terremoto, se encuentra al noroeste de la bahía de Concepción a menos de 100 km de Concepción.

Las Bahías de Concepción, Coliumo y Golfo de Arauco, están abiertas al norte y reciben directamente el tren de ondas cuando viene de esa dirección, en cambio todas menos la de Coliumo, están protegidas por las penínsulas e islas litorales si el las ondas vienen del sur. El avance de la línea de costa debido a las penínsulas e islas litorales de la región del Biobío, pudo constituir una barrera en la propagación del tsunami de 1960 hacia el norte, dispersando las ondas, pues no hay indicios de mayores daños al norte de Coliumo. En cambio el maremoto se propagó libremente hacia el noroeste por el Pacífico hasta Hawaii y Japón. Otros tsunamis generados en el litoral de Valdivia y que provocaron grandes daños en esa zona en 1575, 1737 y 1837, tuvieron escasa repercusión en el área de Concepción (8,9). Con lo anterior, queda demostrada la influencia del relieve costero en la amplificación o atenuación de las ondas de tsunami.

## CONCLUSION

Las costas de la región del Biobío, presentan penínsulas e islas litorales que cierran por el oeste a bahías y golfos que se abren al norte. Si el tsunami viene del sur, estas penínsulas e islas refractan las ondas disminuyendo su efecto hacia el interior de ellas, en cambio, si el tsunami viene del norte, facilitan la concentración del frente de ondas del tsunami en las bahías, siendo mayor el efecto en el borde sur. Por tal motivo, el tsunami será más notorio en las bahías, si el terremoto que lo generó ocurre al norte de ellas y la situación más desfavorable ocurre cuando el epicentro ocurre a menos de 100 km al norte de las bahías en que el tiempo entre el terremoto y el tsunami, puede ser menor a media hora disminuyendo la alerta. Las localidades que podrían ser afectadas en mayor grado con un tsunami, son las que se encuentran en la orilla sur de las bahías de Coliumo, Concepción y Golfo de Arauco.

## REFERENCIAS

1. Barison, E. 1982. Maremotos en la Costa de Chile, 1ª Edición. Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile, 29 p. Valparaíso, Chile.
2. Brügger, J. 1944. Contribución a la geología sísmica de Chile. Imprenta Universitaria. 144 p. Santiago, Chile.
3. Darwin, C. 1851. Being the geology of the voyage of the Beagle, under the command of Captain Fitzroy, R.N. during the years 1832 to 1836. Smith, Elder and Co., 768 p. Londres, Inglaterra
4. Encina, F. 1953. Resumen de la Historia de Chile. Tomo I. Edit. Zig-Zag, 736 p. Santiago, Chile.
5. Iida, K., Iwasaki, T. Tsunamis: Their Science and Engineering. Terra Scientific Publishing Company. 315 p. Tokio, Japón
6. Lara, H. 1886. La ciudad mártir. A propósito del 50º Aniversario del terremoto del 20 de Febrero de 1835 que arruinó a Concepción. Impreso de "La revista del Sur", 53 p. Concepción, Chile.
7. Pineda, V. Sedimentología y tanatocenosis del Golfo de Arauco, Región del Biobío, Chile. In VI Congreso Geológico Chileno, Servicio Nacional de Geología y Minería. Actas Vol. 1 p 499-501, Viña del Mar, Chile.
8. Ramírez, R. 1988. Algunas estimaciones referidas al tamaño del terremoto de Valdivia del año 1575. In V Congreso Geológico Chileno, Depto. de Geología y Geofísica Universidad de Chile, Actas Tomo 2., p. F319-F339. Santiago, Chile.
9. Silgado, F. 1985. Terremotos destructivos en América del Sur 1530-1894. CERESIS, 328 p. Lima, Perú.
10. Veyl, C. 1960. Los fenómenos volcánicos y sísmicos de fines de Mayo de 1960 en el sur de Chile. Universidad de Concepción, 43 p. Concepción, Chile.